

B2

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-026360

(43)Date of publication of application : 02.02.1993

(51)Int.Cl.

F16K 31/06  
F16K 31/06  
G05D 16/10

(21)Application number : 03-208652

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 25.07.1991

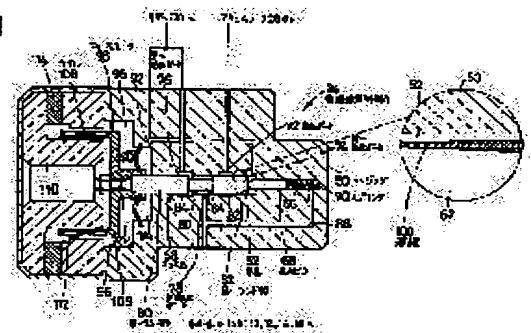
(72)Inventor : MARUMOTO IKURO

## (54) SPOOL VALVE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To avoid stick slip, delay in action, the occurrence of scuffing and the like by preventing a spool from being hydraulically locked.

CONSTITUTION: A thin film 100 made of titanium nitride is formed over the outer circumferential surface of the second land section 62 of a spool 58 in such a way as to be thin at the side of a control pressure port 78, but to be thick at the side of a first low pressure port 74. Since a clearance between the outer circumferential surface of the second land section 62 and the inner circumferential surface of a valve port 52 is large at the control pressure 78 side, but small at the first low pressure port 74 side, unbalance liquid pressure in the direction correcting eccentricity takes place in the circumference of the second land section 62 when the spool 58 is one-sided, so that the occurrence of hydraulic lock is thereby prevented. This constitution thereby allows the spool 58 to be smoothly slid in response to the degree of the excitation of a coil 106, and the liquid pressure control of respective cylinders can be enhanced in accuracy.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.09.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2936820

[Date of registration] 11.06.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

11.06.2005

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2936820号

(45)発行日 平成11年(1999) 8月23日

(24)登録日 平成11年(1999) 6月11日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I	
F 1 6 K 31/06	3 0 5	F 1 6 K 31/06	3 0 5 T
	3 3 0		3 3 0

請求項の数1 (全 9 頁)

(21)出願番号	特願平3-208652	(73)特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	平成3年(1991)7月25日	(72)発明者	丸本 幾郎 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(65)公開番号	特開平5-26360	(74)代理人	弁理士 神戸 典和 (外2名)
(43)公開日	平成5年(1993)2月2日		
審査請求日	平成9年(1997)9月10日	審査官	渡邊 洋
		(58)調査した分野(Int.Cl. <sup>6</sup> , D B名)	F16K 31/00 - 31/42 F16K 11/00 - 11/24 F16K 3/00 - 3/36 G05D 16/00

(54)【発明の名称】 スプール弁

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 スプール弁において、スプールのランド部外周面に高圧側が薄く低圧側が厚い薄膜を形成することにより、高圧側の直径を低圧側の直径より小さくしたことを特徴とするスプール弁。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はスプール弁に関するものであり、特に、スプールのハイドロリックロックを防止する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 スプール弁の一種に、スプールの移動により液の流れを切り換えて液圧を制御するスプール式電磁液圧制御弁がある。例えば、実開昭63-86483号公報に記載された制御弁は、①高圧ポートと低圧ポ-

ートと制御圧ポートとを備えたハウジングと、②そのハウジング内の弁孔に摺動可能かつ実質的に液密に嵌合され、制御圧ポートを高圧ポートと低圧ポートとに択一的に連通させるスプールと、③そのスプールを、制御圧ポートを高圧ポートから遮断する位置に付勢する付勢手段と、④スプールに制御圧ポートの液圧に基づく力を作用させることにより、制御圧ポートを高圧ポートから遮断する向きにスプールを作動させる作動力を発生させる作動力発生手段と、⑤励磁コイルを備え、その励磁コイルへの供給電流の制御によりその作動力発生手段の作動力とは逆向きの制御力をスプールに加える制御力付与手段とを含むように構成されている。常には、付勢手段によりスプールが制御圧ポートを高圧ポートから遮断する位置に保たれているが、励磁電流が供給されて制御力付与手段により制御力がスプールに加えられれば、スプール

が移動して制御圧ポートを高圧ポートに連通させ、液圧制御が行われる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記のようなスプール弁において、例えば図9に誇張して示すように、製造誤差によりスプール200のランド部202の外周面がわずかにテーパ状となることがある。そのため、スプール200がハウジング204の弁孔206に嵌合された状態で、スプール200が偏心すれば、ランド部202の周囲に液圧の不均衡が生じる。ランド部202の外周面と弁孔206の内周面との隙間内の液圧は、隙間の小さい部分ほど圧力降下が急激となる性質があるため、スプール200の上部隙間( $C_1 + e$ ,  $C_2 + e$ 側)の液圧勾配に比較して、下部隙間( $C_1 - e$ ,  $C_2 - e$ 側)の液圧勾配が大きくなる。なお、 $e$ はスプール200の偏心量である。

【0004】ランド部202の大径部側の液圧 $P_1$ が小径部側の液圧 $P_2$ より低い場合には、図10に示すように、ランド部202の全長 $L$ のうちランド部202の中央部において、実線で示す下部隙間の液圧が一点鎖線で示す上部隙間の液圧より高くなるため、上部隙間に向かう力 $F_1$ が発生し、それによりスプール200が移動させられて偏心が修正される。それに対して、大径部側の液圧 $P_1$ が小径部側の液圧 $P_2$ より高い場合には、図11に示すように、ランド部202の中央部において、下部隙間の液圧が上部隙間の液圧より低くなる。そのため、ランド部202に下部隙間に向かう力 $F_2$ が発生し、それによりスプール200が移動させられて偏心が助長されてしまうのである。

【0005】上記の例から明らかなように、ランド部の大径部が高圧側に、小径部が低圧側に位置する場合に、ランド部の周囲に発生する液圧の不均衡によりスプールの偏心が助長され、遂にはランド部が弁孔の内周面の一部に押し付けられて大きな摩擦力が発生し、所謂ハイドロリックロックが発生するのである。ハイドロリックロックが起これば、次にスプールに制御力が加えられてもスプールが容易に移動しなくなり、スティックスリップや作動遅れあるいはかじり等が発生するという問題が生じる。この問題は、励磁電流の大きさを変えることによって液圧や液流量を制御する電磁液圧制御弁や電磁流量制御弁において特に重要であるが、電磁開閉弁等他の電磁弁は勿論、パイロット弁や手動操作弁等にも同様に発生する問題である。

【0006】本発明は、上記問題点を鑑み、スプールのハイドロリックロックを防止することを課題として為されたものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】そして、本発明の要旨は、スプール弁において、スプールのランド部外周面に高圧側が薄く低圧側が厚い薄膜を形成することにより、

高圧側の直径を低圧側の直径より小さくしたことにあ

る。

【0008】

【作用】スプールの外周面を機械加工することによってミクロンオーダのテーパを確実に形成することは極めて困難であるが、薄膜の形成によってミクロンオーダのテーパを形成することは容易である。例えば、 $1\mu\text{m}$ の薄膜を形成するのに30分程度を要するイオンプレーティングであれば、イオンプレーティングを施す時間をランドの軸方向に変えることによって容易にミクロンオーダのテーパを形成することができるのである。

【0009】そのため、製造誤差によりスプールのランド部が高圧側が大径のテーパ状となった場合にも、ランド部外周面に、高圧側が薄く低圧側が厚い薄膜を形成することにより、容易に高圧側の直径を低圧側の直径より小さくすることができ、弁孔にスプールが嵌合された状態で、弁孔内周面とランド部外周面との隙間が高圧側ほど大きく、低圧側程小さくなるようにすることができる。したがって、スプールが偏心してランド部の周囲に液圧の不均衡が発生しても、その力はスプールの偏心を修正する向きに発生するため、ハイドロリックロックが発生することが良好に防止される。薄膜は、スプールの高圧側の端から低圧側の端まで全長にわたって形成してもよく、任意の部分から低圧側へ形成するようにすることも可能である。また、スプールが精度よく製造されてランド部がテーパ状とならなかった場合や、逆に高圧側が小径のテーパ状となった場合にも、さらに薄膜を形成して差支えなく、ハイドロリックロックを確実に回避することができる。

【0010】

【発明の効果】このように、本発明によれば、スプールのランド部に望ましいテーパを容易に形成することができ、ハイドロリックロックの発生を良好に防止し得、スプールのスティックスリップや作動遅れ、かじり等を確実に回避し得る。したがって、例えば、本発明のスプール弁を前述のような電磁液圧制御弁に適用すれば、液圧を高精度に制御することができ、また、制御液圧の立ち上がりの遅れを防止することができる。

【0011】

【実施例】以下、本発明のスプール弁を自動車用液圧ブレーキ装置のスプール式電磁液圧制御弁に適用した場合の実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。

【0012】図2において10および12はそれぞれ、左右前輪のフロントホイールシリンダであり、14および16はそれぞれ左右後輪のリヤホイールシリンダである。これらホイールシリンダ10、12、14、16には、チェンジバルブ18の切換えにより、ブレーキペダル20の踏込みに基づいてマスタシリンダ22に発生させられる液圧と、ブレーキペダル20の踏込みに基づいて電磁液圧制御弁24により制御されたアキュムレータ

26の液圧とが択一的に供給される。ブレーキペダル20の踏力は踏力センサ28により検出され、コントローラ30に供給される。コントローラ30は、ブレーキペダル20の踏力と加速度センサ32から供給される車体加速度とに基づいて電磁液圧制御弁24への励磁電流を算出し、その励磁電流を作動アンプ34から電磁液圧制御弁24へ供給させるのであり、それによりホイールシリンダ10、12、14、16の液圧がブレーキペダル20の踏力に応じた減速度が得られる高さに制御される。

【0013】アキュムレータ26にはリザーバ36からポンプ38によって汲み上げられたブレーキ液が常に一定液圧範囲で蓄えられるようになっている。40はポンプ34を駆動するモータである。チェンジバルブ18は高い方の液圧をホイールシリンダ10～16に伝達するものであり、マスタシリンダ22の液圧よりも電磁液圧制御弁24の制御圧（制御圧ポート78の液圧）がやや高くなるようにされている。したがって、ホイールシリンダ10～16には、通常は電磁液圧制御弁24により制御された液圧が供給され、電磁液圧制御弁24側に異常が生じた場合にはマスタシリンダ22に発生させられた液圧が供給されて、制動力が確保される。また、本液圧ブレーキ装置においては、コントローラ30に走行制御コンピュータ42が接続されており、図示しないスイッチの操作により、踏力センサ28の踏力に基づく液圧制御とは別に、走行制御コンピュータ42による液圧制御が行われるようになっている。

【0014】電磁液圧制御弁24は、図1に示すように、ハウジング50を備えている。ハウジング50は複数のブロックが固定されて成っているが、図には一体のものとして示す。ハウジング50の内部には断面形状が円形を成す有底の弁孔52と、弁孔52の開口端側に位置する段付きの大径の空間56とが互いに連通し、同心状に形成されている。弁孔52にはスプール58が実質的に液密かつ摺動可能に嵌合されている。スプール58は段付状を成し、第一ランド部60、第二ランド部62と両者を連結する連結部64とを有し、第一、第二ランド部60、62において弁孔52に嵌合されるとともに、第一ランド部60が弁孔52から空間56へ突出させられている。

【0015】第一、第二ランド部60、62の外周面と弁孔52の内周面とのクリアランスは直径で $10\mu\text{m}$ 以下と極く小さくされており、これら外周面と内周面との間に金属間シールが形成されている。ハウジング50内にはまた、弁孔52と同心であってその底面に開口し、弁孔52より小径かつ有底のピン孔66が形成されており、反力ピン68が摺動可能に嵌合されるとともに、スプリング70により弁孔52内に突出し、スプール58に当接する向きに付勢されている。

【0016】ハウジング50にはさらに、アキュムレー

タ26に接続される高圧ポート72、リザーバ36に接続される第一および第二の低圧ポート74、76、ホイールシリンダ10～16に接続される制御圧ポート78が形成されている。制御圧ポート78は、スプール58の連結部64と弁孔52の内周面とにより形成された環状室80に連通させられており、高圧ポート72は、弁孔52の制御圧ポート78より底部側の部分に形成された円環溝82に連通させられている。また、第一低圧ポート74は弁孔52の底部に連通させられ、第二低圧ポート76は弁孔52の制御圧ポート78より弁孔52の開口側に形成された円環溝84に連通させられている。

【0017】さらに、前記ピン孔66の底部と反力ピン68との間には、制御圧ポート78から分岐させられた液通路86が接続されており、反力ピン68は制御圧ポート78の液圧を受けてその液圧に基づく作動力をスプール58に作用させ、高圧ポート72と制御圧ポート78との連通を遮断する向きの作動力を発生させる。

【0018】スプール58の第一ランド部60の弁孔52からの突出部と空間56の内周面とには、ダイヤフラム90の端部がそれぞれ係止されており、空間56が、ドレンポート92によりリザーバ36に連通させられたドレン室94と、空気が充満した空気室96とに仕切られている。空気室96にはフォースモータ98が設けられている。ドレン室94には、第一大径部60と弁孔52との間の金属間シールから漏れ出たブレーキ液が流入し、このブレーキ液はドレンポート92を通過してリザーバ36に戻る。

【0019】スプール58の第二ランド部62の外周面には、図1の円内に拡大して示すように、イオンプレーティングにより窒化チタン（TiN）の薄膜100が形成されている。薄膜100の厚さは、第二ランド部62の全長をLとすると、図3に示すように、制御圧ポート78と連通する環状室80側の端部において0とされ、第一低圧ポート74と連通し、反力ピン68と対向する側の端部において弁孔52と第二ランド部62の外周面とのクリアランスの下限値とされている。これによって、第二ランド部62の直径が、制御圧ポート78側が小径となるとともに第一低圧ポート74側が大径となっており、弁孔52の内周面とのクリアランスが制御圧ポート78側ほど大きくなっている。

【0020】スプール58の弁孔52からの突出端部には小径のねじ部104が突設されており、フォースモータ98のコイル106が、そのねじ部104に固定された非磁性材料製の保持部材108に保持され、ヨーク110に形成された環状溝112内に嵌入させられている。ヨーク110は永久磁石114を備えており、保持部材108は永久磁石114の磁路中にある。コイル106に励磁電流が供給されない状態では、スプリング70の付勢力によりスプール58が第1図に示すように制御圧ポート78を第二低圧ポート76に連通させる原

置に保たれる。

【0021】コイル106に励磁電流が供給されれば、コイル106が磁石114の磁界によりヨーク110から押し出され、スプール58が弁孔52内へ前進させられる。スプール58に制御圧ポート78を高圧ポート72と連通させる向きの力、すなわち反力ピン68による制御圧付与に基づいて発生させられる前記作動力とは逆向きの制御力が加えられるのであり、この制御力はコイル106の励磁電流の大きさに比例する。

【0022】図2に示すように、電磁液圧制御弁24のコイル106は作動アンプ34に接続されており、作動アンプ34の電流がコイル106に供給されるようになっている。作動アンプ34はコントローラ30により制御され、電磁液圧制御弁24による液圧制御が行われる。

【0023】以上のように構成された液圧ブレーキ装置において、ブレーキペダル20が踏み操作されない通常時には、作動アンプ34から電流が供給されず、電磁液圧制御弁24のスプール58が図1に示す原位置にある。この状態では第二低圧ポート76と制御圧ポート78とが環状室80を経て連通させられており、ホイールシリンダ10～16の液圧がリザーバ36の液圧である大気圧に等しくなっている。

【0024】この状態からブレーキペダル20の踏み操作が開始されれば、踏力センサ28によりその踏力が検出され、コントローラ30を経て、踏力に応じた大きさの減速度が得られる。コントローラ30は検出された踏力に対応した目標減速度を決定し、この目標減速度と加速度センサ32によって検出された実減速度との差を求め、この差を0とするように作動アンプ34の励磁電流を制御するのである。励磁電流の供給により、スプール58が前進させられて、第二低圧ポート76と制御圧ポート78との連通が断たれ、スプール58が更に前進すれば高圧ポート72と制御圧ポート78とが環状室82を経て連通するに至る。この連通によって、制御圧ポート78の液圧が上昇し、反力ピストン68によりスプール58に加えられる反力が増大する。スプール58はこの反力とフォースモータ98の制御力とが釣り合う状態で停止し、ホイールシリンダ10～16の液圧がフォースモータ98の制御力に対応した高さに制御される。

【0025】このとき、スプール58の第二ランド部62に偏心が生じていることがあるが、薄膜100の形成により第二ランド部62がテーパ状とされているため、ハイドロリックロックが生じることが良好に回避される。すなわち、円環溝82には常時アキュムレータ26の高い液圧が作用しているのに対し、弁孔52の第一低圧ポート74と連通している部分の液圧はほぼ大気圧と等しく、常に円環溝82側の方が液圧が高いのであるが、第二ランド部62の外周面と弁孔52の内周面とのクリアランスが、制御圧ポート78側より第一低圧ポ-

ート74側の方が小さくされているため、第二ランド部62の周囲に生じる液圧の不均衡により、第二ランド部62の偏心が修正される向きの力が生じるのである。したがって、第二ランド部62にスティックスリップ等が発生することなく、作動アンプ34からコイル106に供給される励磁電流に対応してスプール58がスムーズに摺動し、ホイールシリンダ10～16の液圧制御が精度よく行われる。

【0026】ブレーキ20の踏み操作が解除されれば、コントローラ30からの信号に基づいて作動アンプ34から供給される電流値が低下させられ、スプール58の前進力が反力より小さくなってスプール58が後退し、高圧ポート72と制御圧ポート78との連通が断たれ、第二低圧ポート76と制御圧ポート78とが連通する状態となり、制御圧ポート78の液圧が0となる。また、走行制御中においては、ブレーキペダル20の踏み操作に関係なく、走行制御コンピュータ44からの指令がコントローラ30に伝達されることにより、作動アンプ34から励磁電流が供給され、同様にしてホイールシリンダ10～16の液圧制御が行われる。

【0027】本発明の効果を確認するために、電磁液圧制御弁24において、第二ランド部62に薄膜を形成する場合と薄膜を形成しない場合とで、励磁電流の変化に対する液圧の追従性を比較する実験を行った。比較するスプールとして下記の3種類を用意した。

【0028】(スプールa)

直径：4mm

長さ：30mm

弁孔52の内周面とのクリアランス：2～4μm

材質：クロム鋼材（SCr420）を浸炭焼入後研磨仕上げ

表面粗さ（十点平均粗さ）：0.2μmRz以下

薄膜：なし

(スプールb)

スプールaと同仕様品

薄膜：厚さ2μm均一のTiN薄膜をイオンプレーティングにより形成

イオンプレーティング条件：真空度  $1 \times 10^{-2}$  torr

バイアス電圧 -300V

処理温度 200°C

(スプールc)

スプールaと同仕様品

薄膜：最大厚さ約2μm、最小厚さ約0μmのテーパ状のTiN薄膜をイオンプレーティングにより形成

イオンプレーティング条件：スプールbと同様

【0029】なお、スプールbにおいては、スプールbを軸線まわりに回転させつつTiN粒子を第二ランド部62の全周に蒸着させることにより、1時間で2μmの厚さに薄膜を形成した。また、スプールcにおいては、図4に概略的に示すように、加工初期には円筒状のマス

キング治具120により第二ランド部62全体を被覆し、1分間に0.5mmずつマスキング治具120を図において左方(矢印の方向)に移動させることにより、1時間で第二ランド部62の全周に右端部ほど厚い(右端部の厚さ約2 $\mu$ m、左端部の厚さ約0 $\mu$ m)薄膜を形成した。

【0030】実験装置を図5に概略的に示す。124は200kg/cm<sup>2</sup>の液圧源であり、電磁液圧制御弁24の高圧ポート72に接続される。126は圧力計であり、制御圧ポート78に接続される。この装置により、各スプールa~cを弁孔52にそれぞれ嵌合(スプールcにおいては、制御圧ポート78側が小径、第一低圧ポート74側が大径となるように嵌合)した状態で、コイル106に正弦波の励磁電流を供給し、圧力計126により制御圧ポート78の液圧変化を測定、記録し、励磁電流に対する追従性を比較した。その結果を図6~図8に示す。

【0031】図6のグラフから明らかなように、薄膜を形成しないスプールaを使用した場合には、スティックスリップが発生して液圧が滑らかに変化せず、励磁電流に対して精度よく液圧制御が行われなかった。また、均一厚さに薄膜を形成したスプールbを使用した場合には、図7のグラフに示すように、スティックスリップは発生せず、全く薄膜を形成しなかったスプールaに比較して液圧が滑らかに変化し、励磁電流に対応する液圧の追従性が向上しているが、電流供給開始直後の液圧の立ち上がりに遅れが生じるとともに、励磁電流への追従性が未だ十分とは言えず、改良の余地がある。

【0032】それに対して、薄膜をテーパ状に形成した本実施例のスプールcにおいては、図8のグラフに示すように、液圧が滑らかに変化するとともに、上記2比較例に比べて、励磁電流に対する液圧の追従性が良好であり、電流供給開始直後の液圧の立ち上がりにも遅れが生じなかった。

【0033】以上詳記したように、本実施例においては、スプール58の第二ランド部62に薄膜100が形成されてテーパ状とされることにより、第二ランド部62にハイドロリックロックが生じることが良好に防止されるのであるが、第一ランド部60においても、制御圧ポート78側の端部ほど薄く、ドレンポート92側の端部ほど厚く薄膜を形成すれば、第一ランド部60と弁孔52とのクリアランスが制御圧ポート78側ほど大きくなり、制御圧ポート78が高圧ポート72と連通した際に生じる液圧不平衡により第一ランド部60にハイドロリックロックが発生することを回避することができる。

【0034】また、スプール58が原位置にある状態においては、アキュムレータ26に連通している円環溝82が最も高圧となり、第一低圧ポート74側および制御圧ポート78側が低圧となる。したがって、第二ランド部62に、その中央部の円環溝82に対応する部分が最

も薄く、制御圧ポート78側および第一低圧ポート74側に向かうに従って厚くなるように薄膜を形成してもよい。

【0035】さらに、反力ピン68の外周面にもスプール58側ほど厚くなる薄膜を形成すれば、反力ピン68のハイドロリックロックも防止することができ、電磁液圧制御弁24の液圧制御精度を一層向上させることができる。

【0036】また、本実施例におけるように、イオンプレーティングにより薄膜を形成すれば、薄膜の厚さを容易に調整することができるため、スプールのランド部外周面と弁孔内周面とのクリアランスを精度よく所望の値に設定することができる。なお、イオンプレーティングに代えて、他の真空蒸着方法や、あるいはスパッタリング等により薄膜を形成してもよい。

【0037】また、本実施例においては薄膜の材料としてTiNが用いられていたが、窒化クロム(CrN)、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)、立方晶型窒化硼素(CBN)等、他の材料で、耐摩耗性に優れ、低摩擦係数のものであれば使用することができる。

【0038】さらに、本実施例においては薄膜の厚さが高圧側で約0 $\mu$ mとされていたが、スプールのランド部の直径を予め設定値より小さくして薄膜の厚みを増大させてもよく、ランド部の端ではなく中間部において薄膜の厚さを0 $\mu$ mとし、そこから厚さを漸増させてもよい等、弁孔の内周面とのクリアランスを上回らない範囲で適宜の厚さに設定することが可能である。

【0039】その他、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した態様で本発明を実施することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例であるスプール弁を一部拡大断面図と共に示す正面断面図である。

【図2】上記スプール弁を有する液圧ブレーキ装置の系統図である。

【図3】上記スプール弁のスプールに形成される薄膜の厚さと形成部位との関係を示すグラフである。

【図4】上記薄膜の形成方法を概念的に示す図である。

【図5】本発明の効果を確認するための実験装置を概略的に示す図である。

【図6】上記実験装置で従来のスプール弁の作動特性を調べた結果を示すグラフである。

【図7】上記実験装置でランド部に均一な厚さの薄膜を形成したスプール弁の作動特性を調べた結果を示すグラフである。

【図8】上記実験装置で本実施例のスプール弁の作動特性を調べた結果を示すグラフである。

【図9】従来のスプール弁を誇張して示す正面図である(一部断面)。

【図10】上記スプール弁における液圧分布を示すグラ

フである。

【図11】上記スプール弁において高圧側と低圧側とを逆転させた場合の液圧分布を示すグラフである。

【符号の説明】

24 電磁液圧制御弁

52 弁孔

58 スプール

62 第二ランド部

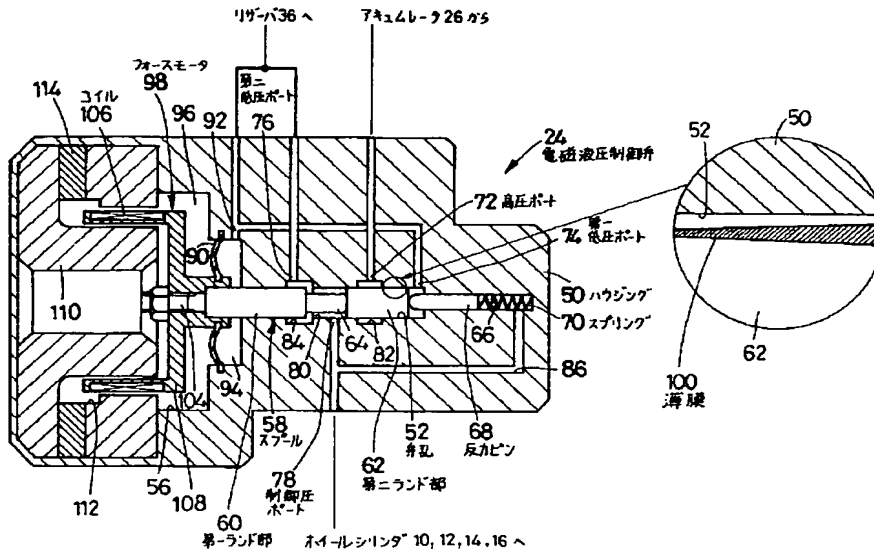
72 高圧ポート

74 第一低圧ポート

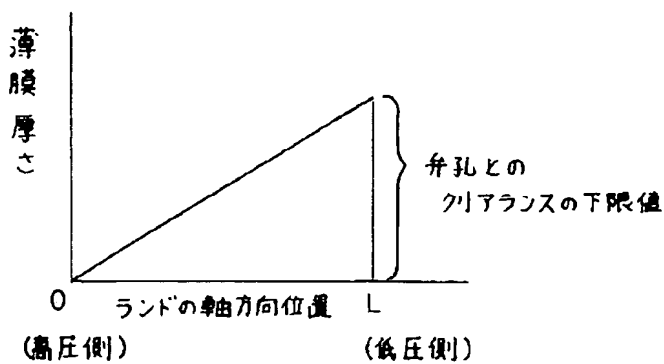
78 制御圧ポート

100 薄膜

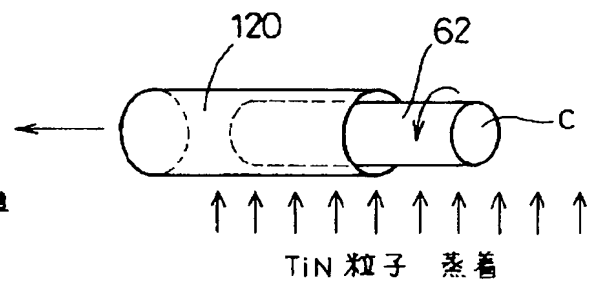
【図1】



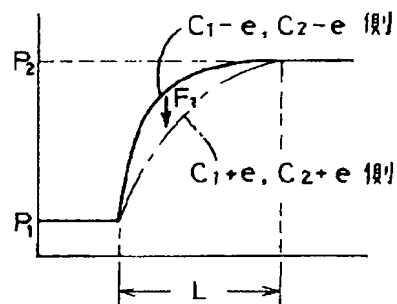
【図3】



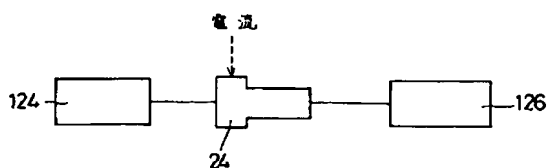
【図4】



【図10】

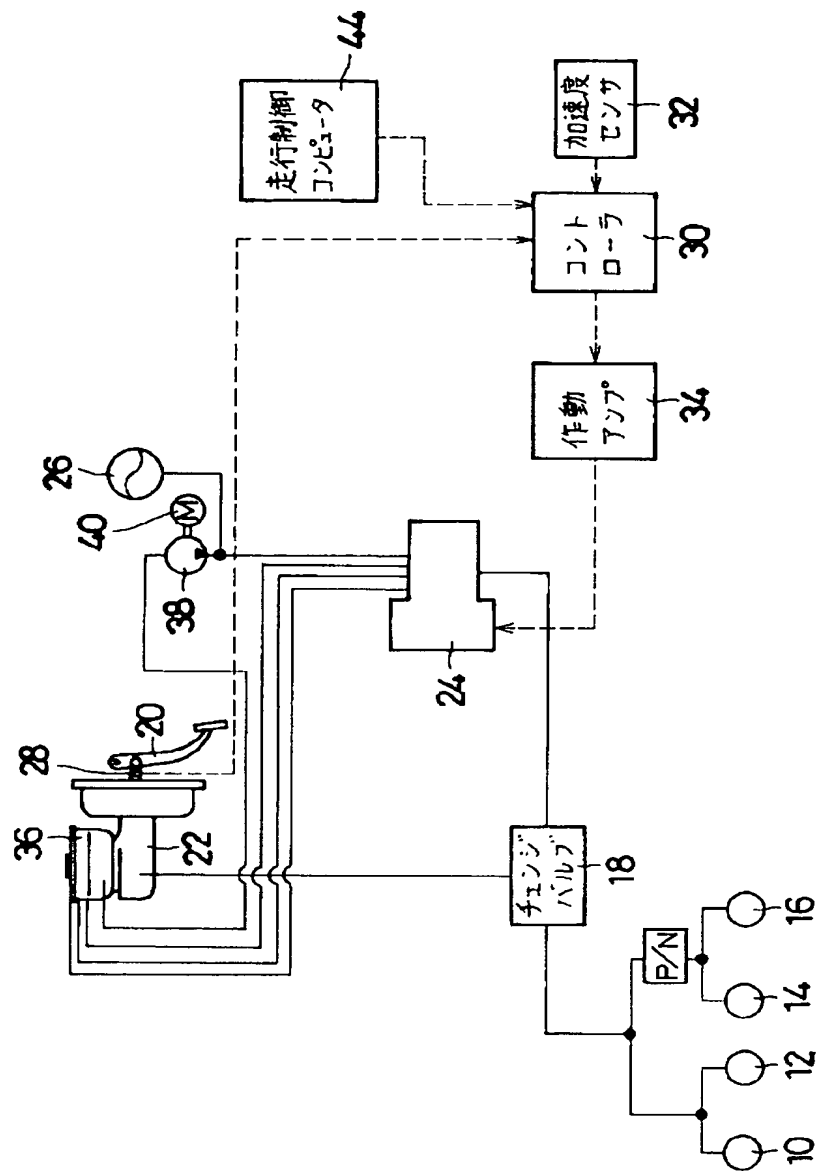


【図5】

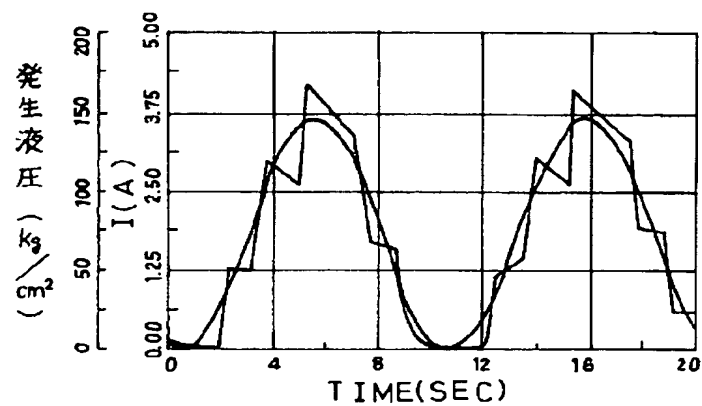




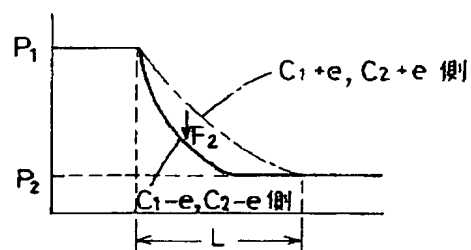
【図2】



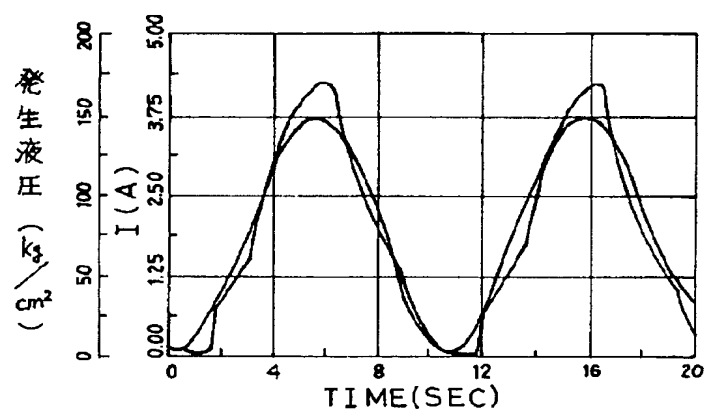
【図6】



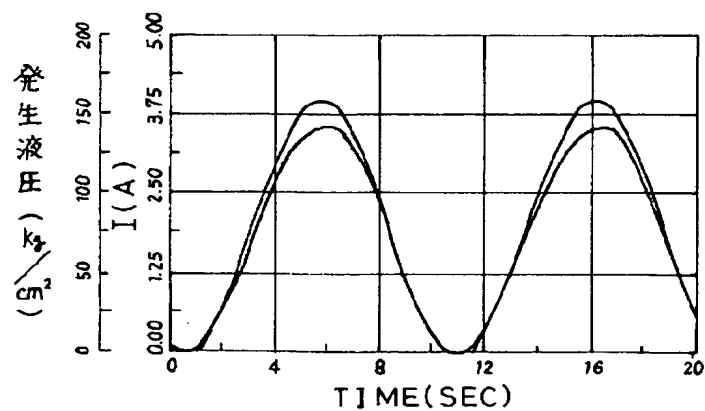
【図11】



【図7】



【図8】



【図9】

